

CFE2621USA (4/5)

234928/1998

U.S. Appl'n. No. 09/362,698

日 本 国 特 許 庁

JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

1998年 8月 6日

出 願 番 号

Application Number:

平成10年特許願第234928号

出 願 人

Applicant(s):

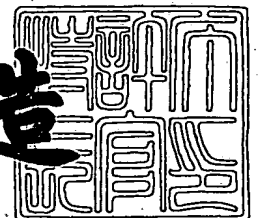
キヤノン株式会社

RECEIVED
JAN-9 2002
TC 2800 MAIL ROOM

2001年11月 9日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3098694

【書類名】 特許願

【整理番号】 3315008

【提出日】 平成10年 8月 6日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G02B 5/18

【発明の名称】 回折光学素子

【請求項の数】 44

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社
社内

 【氏名】 小楠 誠

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社
社内

 【氏名】 斉藤 謙治

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社
社内

 【氏名】 千葉 啓子

【特許出願人】

 【識別番号】 000001007

 【氏名又は名称】 キヤノン株式会社

 【代表者】 御手洗 富士夫

【代理人】

 【識別番号】 100075948

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 日比谷 征彦

 【電話番号】 03-3852-3111

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 013365

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9703876

【書類名】 明細書

【発明の名称】 回折光学素子

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 単体では自重及び／又は保持部材の圧力及び／又は気圧により変形する回折格子を他の部材と接合することにより該回折格子の変形を防止又は小さくすることを特徴とする回折光学素子。

【請求項 2】 前記他の部材は自重及び／又は保持部材の圧力及び／又は気圧により変形しない材料とした請求項 1 に記載の回折光学素子。

【請求項 3】 前記他の部材は自重及び／又は保持部材の圧力及び／又は気圧により変形する部材とした請求項 1 に記載の回折光学素子。

【請求項 4】 前記自重により変形する回折格子を前記他の部材上に接合する請求項 1 に記載の回折光学素子。

【請求項 5】 前記回折格子及び前記他の部材は共に円形形状又は円形に近似の形状とし、前記他の部材の径は前記回折格子の径よりも大きく、鏡筒に組み込む際に前記他の部材の周辺部のみで前記回折格子を支持する請求項 1 に記載の回折光学素子。

【請求項 6】 前記他の部材は前記回折格子の格子形成面を覆うように接合する請求項 1 に記載の回折光学素子。

【請求項 7】 前記回折格子は直線状又は輪帯状の格子を形成した透明板とし、前記他の部材は平行平面の透明板とした請求項 1～6 の何れか 1 つの請求項に記載の回折光学素子。

【請求項 8】 前記回折格子は直線状又は輪帯状の格子を形成した透明板とし、前記他の部材は一面が平面で他面が非球面の平面－非球面レンズ又は平凸レンズ又は平凹レンズ又はプリズム又はミラーとし、前記回折格子の格子形成面又は格子非形成面と前記平面－非球面レンズ又は平凸レンズ又は平凹レンズ又はプリズム又はミラーの平面とを接合する請求項 1～6 の何れか 1 つの請求項に記載の回折光学素子。

【請求項 9】 前記回折格子は直線状又は輪帯状の反射面から成る格子を有

する請求項 1～6 の何れか 1 つの請求項に記載の回折光学素子。

【請求項 10】 前記回折格子は厚さが 0.1～10 mm の範囲内で、直径又は長さが 150 mm 以上の範囲内の基板に直線状又は輪帯状の格子を形成する請求項 1～9 の何れか 1 つの請求項に記載の回折光学素子。

【請求項 11】 前記他の部材は前記回折格子よりも厚い部材とした請求項 10 に記載の回折光学素子。

【請求項 12】 前記回折格子及び前記他の部材は共に石英から成る請求項 1～11 の何れか 1 つの請求項に記載の回折光学素子。

【請求項 13】 前記回折格子及び前記他の部材は共に蛍石又は弗化マグネシウムから成る請求項 1～11 の何れか 1 つの請求項に記載の回折光学素子。

【請求項 14】 前記回折格子は石英より成り、前記他の部材は蛍石から成る請求項 1～11 の何れか 1 つの請求項に記載の回折光学素子。

【請求項 15】 前記回折格子の格子はキノフォームとした請求項 1～14 の何れか 1 つの請求項に記載の回折光学素子。

【請求項 16】 前記回折格子の格子はキノフォームを 3 段以上の階段形状で近似したバイナリ型とした請求項 1～14 の何れか 1 つの請求項に記載の回折光学素子。

【請求項 17】 前記回折格子は有限の焦点距離を有する請求項 1～14 の何れか 1 つの請求項に記載の回折光学素子。

【請求項 18】 前記回折格子はレンズとしての機能を有する請求項 17 に記載の回折光学素子。

【請求項 19】 前記回折格子は非球面レンズとしての機能を有する請求項 18 に記載の回折光学素子。

【請求項 20】 前記回折格子はミラーとしての機能を有する請求項 17 に記載の回折光学素子。

【請求項 21】 前記回折格子は非球面ミラーとしての機能を有する請求項 18 に記載の回折光学素子。

【請求項 22】 前記回折格子及び前記他の部材はオプティカルコンタクトにより接合する請求項 1～14 の何れか 1 つの請求項に記載の回折光学素子。

【請求項 23】 前記回折格子及び前記他の部材は接着剤により接合する請求項 1～14 の何れか 1 つの請求項に記載の回折光学素子。

【請求項 24】 前記回折格子及び前記他の部材はオプティカルコンタクト及び接着剤により接合する請求項 1～14 の何れか 1 つの請求項に記載の回折光学素子。

【請求項 25】 前記他の部材は回折格子とした請求項 1～14 の何れか 1 つの請求項に記載の回折光学素子。

【請求項 26】 前記他の部材を 2 個用意し、これらの 2 個の他の部材は前記回折格子を両面から挟持して接合する請求項 1～14 の何れか 1 つの請求項に記載の回折光学素子。

【請求項 27】 前記回折格子及び前記他の部材の接合部に反射防止手段を形成する請求項 1～14 の何れか 1 つの請求項に記載の回折光学素子。

【請求項 28】 前記回折格子の格子形成面は窒素やヘリウムの不活性ガス中に配置する請求項 1～14 の何れか 1 つの請求項に記載の回折光学素子。

【請求項 29】 前記不活性ガスは前記格子形成面に沿って流すようにした請求項 29 に記載の回折光学素子。

【請求項 30】 前記回折格子は格子形成面と反対側に平滑な格子非形成面を有する請求項 1～14 の何れか 1 つの請求項に記載の回折光学素子。

【請求項 31】 請求項 1～30 の何れか 1 つの請求項に記載の回折光学素子を有する光学系。

【請求項 32】 請求項 31 に記載の光学系を格納する鏡筒を備えた製造装置。

【請求項 33】 前記光学系は前記他の部材の周辺部のみで支持する請求項 32 に記載の製造装置。

【請求項 34】 前記他の部材は弾性部材を介して前記鏡筒に固定する請求項 33 に記載の製造装置。

【請求項 35】 前記鏡筒内は窒素又はヘリウムの不活性ガスで満たす請求項 33 に記載の製造装置。

【請求項 36】 前記光学系は複数個のレンズを有し、該複数個のレンズに

より生ずる色収差は前記 1 つ又は複数の回折光学素子の色収差により補正する請求項 32 に記載の製造装置。

【請求項 37】 前記光学系の光軸は重力の方向と平行とした請求項 32 ～ 36 の何れか 1 つの請求項に記載の製造装置。

【請求項 38】 請求項 32 ～ 37 の何れか 1 つの請求項に記載の製造装置を使用して被露光基板をデバイスパターンにより露光する露光装置。

【請求項 39】 前記露光に使用する光はエキシマレーザー光源からのレーザー光とした請求項 38 に記載の露光装置。

【請求項 40】 前記エキシマレーザー光源は Kr F エキシマレーザー光源とした請求項 39 に記載の露光装置。

【請求項 41】 前記エキシマレーザー光源は Ar F エキシマレーザー光源とした請求項 39 に記載の露光装置。

【請求項 42】 前記光学系によりレチクルの回路パターンを前記被露光基板上に縮小投影する請求項 38 に記載の露光装置。

【請求項 43】 請求項 38 ～ 42 の何れか 1 つの請求項に記載の露光装置を使用して段階形状を含むデバイスパターンをウエハ上に転写するデバイス製造方法。

【請求項 44】 請求項 43 に記載のデバイス製造方法により製造する半導体デバイス。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、半導体露光装置、カメラ、望遠鏡、顕微鏡等の光学系に使用する回折光学素子に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

従来から、光学機器に搭載される光学系には、単体のレンズ、複数のレンズを接合した接合レンズ、プリズム、複数の光学部材を接着した光学素子が多く使用されている。複数のレンズを接合する際の接着には、主にバルサムなどの接着剤

が使われており、屈折型の光学素子の他に回折型の光学素子も使用されている。

【0003】

回折型の光学素子は入射波面を所定の波面に変換する光学素子として使用され、この光学素子は屈折型の光学素子と逆の分散値を有することにより、光学系が簡素化される等の特長を有している。

【0004】

一般に、回折光学素子をバイナリ型の形状にすると、その作製に半導体製造技術を適用することが可能となり、機械研削などに比べて微細なピッチを精度良く形成することができる。このために、最近はブレード形状を階段形状で近似したバイナリ型の回折光学素子に関する研究が盛んに進められている。

【0005】

図36に示すようなブレード型の断面形状Bを有する回折光学素子1は、設計波長に対する回折光率を100%にすることが可能とされている。しかし、現実には光学素子を完全なブレード型の断面形状Bに加工することは困難であるために、通常では図37に示すように、ブレード型を量子化して近似した階段状の断面形状Sを有するバイナリオプティクスと呼ばれる回折光学素子2が使用されている。この回折光学素子2は回折光学素子1を近似したものであるが、その1次回折光の回折効率、図37の4レベルのバイナリオプティクスで80%以上を確保することができる。

【0006】

ここで、近似の度合いを高めたり大きなパワーを持たせるためには、周期構造のピッチを可能な限り小さくする必要があり、このような高性能を得るためには、半導体製造で培われたリソグラフィ技術が使用される。現在、リソグラフィ工程で使用される半導体製造装置は、厚さが1mm未満のウェハを扱うことを前提として設計されているために、半導体リソグラフィ工程により作製される回折光学素子3は、図38に示すような薄い円板状に形成されている。

【0007】

図39は半導体製造用の露光装置の構成図を示し、KrF、ArF、F₂エキシマレーザー等の光源4の光路上に、上方からミラー5、照明光学系6、レチク

ル 7、縮小投影光学系 8、ウエハステージ 9 が配置され、ウエハステージ 9 上には感光基板であるウエハ W が載置されている。

【0008】

図 40 は照明光学系 6 又は投影光学系 8 の部分拡大図を示し、鏡筒 10 内には、回折光学素子 3 及び屈折光学素子 11 を組み合わせた光学系が形成されている。なお、回折光学素子 3 も 1 個でなく複数個使用してもよい。ここで、半導体露光装置の投影レンズ系は厳しい精度が要求されるために、重力を考慮して鉛直方向に光軸を設定するのが一般的である。従って、投影光学系 8 に回折光学素子 3 を使用する場合には、回折光学素子 3 も光学系中で横置き状態に配置される。

【0009】

光源 4 からの光束 L はミラー 5 により照明光学系 6 に導光され、照明光学系 6 を通過した光束 L はレチクル 7 の面上に照射され、レチクル 7 の情報を有する光束 L が、投影光学系 8 を通ってウエハ W へ投影される。このとき、ウエハステージ 9 を駆動してウエハ W をフォーカス位置に調整する。また、ウエハ W は熱歪み等による伸縮に対応するように、微小に上下動可能とされており、これによって投影光学系 8 の倍率補正や収差補正を行うことができる。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら上述の従来例において、リソグラフィ工程により回折光学素子 2 を作製する半導体製造装置は、Si ウエハの規格の範囲内で最も精度が保たれるように設計されている。例えば、形状は外径が 150 mm (6 インチ)、200 mm (8 インチ)、300 mm (12 インチ) などに決まっており、その寸法ごとに厚さの範囲も定められている。その厚さ範囲は製造上の理由から 0.625 ~ 数 mm とされ、通常は 1 mm 以下の非常に薄い基板となるために、半導体製造装置を Si ウエハの規格の範囲外で使用するように改造した場合には、基板の精度を保つことは極めて難しくなる。

【0011】

更に、リソグラフィ工程ではレジストパターン形成とエッチング工程などが含まれる。レジストパターン形成とは、有機物であるレジストを塗布し、加工する

面形状が形成されたレジクル7を介して光を照射し、露光、ベーク、現像工程を経て、所望の面形状を有するレジストパターンを形成する。このレジストの塗布には、高速で基板を回転してレジストを均一な膜厚に塗布するスピナと呼ばれる装置が使用されるために、基板の重量が重くなることによって、回転の負荷が大きくなり制御が難しくなる。

【0012】

また、ベーク工程では温度制御性の高いホットプレートにより秒単位で管理が行われるために、石英のように熱伝導率の悪い材料でかつ厚い基板での温度制御は非常に難しい。また、エッチング工程の場合は、レジストパターンをマスクとして薬品を使用するエッチング装置や、プラズマなどを使用するドライエッチング装置が使用されるが、主に精度の高いドライエッチング装置で加工されることが多く、この装置では基板冷却等が必要となるために、レジストのベークと同様に、熱伝導率の悪い材料でかつ厚い基板での温度制御は非常に困難である。

【0013】

このような理由から、リソグラフィ工程では薄い基板を使用する必要が生じ、薄い基板に形成された回折光学素子3は、横置きに投影光学系8に搭載する際に従来の保持方法で鏡筒10に保持すると、レンズの自重による変形や、鏡筒10の加工精度による接触部位の不均一、固定時に加わる力等による取付時の歪み、気圧や温度変動による変形が生じ易く、この面変形によって設計時の性能が発揮できずに像性能が劣化する。

【0014】

また、外径も150mm（6インチ）、200mm（8インチ）、300mm（12インチ）のように定まった値のものしかないために、回折光学素子3として光学系に使用する場合には、回折光学素子3の作製後に外径サイズを修正するための加工が必要となる。この外径加工を行う際には、周辺部のガラス部を削るために、微細なパターンが形成された面に削り屑が付着し、パターン間に入り込んだ塵埃を洗浄によって完全に取り除くことができないために、光学性能が劣化するという問題が生ずる。

【0015】

この問題を解決するために、厚みのある他部材と接合して一体化する手法により、変形に耐え得る最低 2 倍以上の剛性を有する基板とすることが考えられる。しかし、このときにレンズの接合にバルサムなどの接着剤を使用すると、回折光学素子 3 面への接着剤の回り込みや、接着による間隙の発生及び平面度の悪化などが問題となり、更に接着時に加えた力により内部応力が残留し、その残留歪による変形や破損も問題となる。

【0016】

本発明の目的は、上述の問題点を解消し、自重や保持や気圧により変形しないか、変形してもその変形が問題にならない程度に小さく、安定した光学性能を有する回折光学素子を提供することにある。

【0017】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するための本発明に係る回折光学素子は、単体では自重及び／又は保持部材の圧力及び／又は気圧により変形する回折格子を他の部材と接合することにより該回折格子の変形を防止又は小さくしたことを特徴とする。

【0018】

本発明の好適な実施例は他の部材を保持部材の圧力及び／又は気圧により変形しない材料とする。

【0019】

また、本発明の好適な実施例は回折格子を他の部材上に接合する。

【0020】

更に、本発明の好適な実施例は他の部材は光学素子とする。

【0021】

更に、本発明の好適な実施例は回折格子をキノフォームとする。

【0022】

更に、本発明の好適な実施例は接合はオプティカルコンタクトとにより行う。

【0023】

更に、本発明の好適な実施例は本発明の回折光学素子を光学系に適用する。

【0024】

更に、本発明の好適な実施例は上述の光学系と格納した鏡筒を製造装置に適用する。

【0025】

更に、本発明の好適な実施例は上述の製造装置を露光装置に適用する。

【0026】

更に、本発明の好適な実施例は上述の露光装置をデバイス製造方法に適用する。

【0027】

更に、本発明の好適な実施例は上述のデバイス製造方法を用いて半導体デバイスを製造する。

【0028】

【発明の実施の形態】

本発明を図1～図35に図示の実施例に基づいて詳細に説明する。

図1は第1の実施例の断面図を示し、直径200mm、厚さ20mmの円形又は円に近似の透明な石英を材料として外力の影響により全く又は殆ど変形しない平行平板20を形成し、この平行平板20の下面に、直径200mm（8インチ）、厚さ0.725mmの透明な石英ウエハ上に直線状又は輪帯状の回折格子を形成した回折光学素子21を、オプティカルコンタクトにより格子形成面を覆うように直接接合して、保持部22に保持して光学系に組込む。この接合された光学素子は、厚さが0.725mmの基板に回折格子を形成した回折光学素子と同等の光学性能を示し、かつ剛性は厚みの3乗に比例し重さに反比例するので、約817倍となり十分な強度を確保することができる。

【0029】

図2、図3は図1の領域Aの拡大断面図を示し、回折光学素子21には通常の半導体プロセスにより微細な凹凸パターンが精度良く形成されている。この回折光学素子21は、図2、図3では量子化して近似した4段のバイナリオプティクスで示してあるが、バイナリオプティクスの量子化数（段数）はこれによらず、またブレード形状を有するフレネルレンズを採用しても同様の効果がある。

【0030】

図2は凹凸パターンを形成した面の反対側の平面を平行平板20に接合したものであり、この場合は接合面積が大きいので強度的には有利である。一方、図3に示すように凹凸パターンの形成面を用いて接合を行ってもよく、この場合には凹凸パターンへの塵埃などの付着を防止することができるので洗浄が容易である。更に、接合面に1層～多層の反射防止膜を設けてもよく、反射防止膜の最上層はアルミナなどの酸化物、特に SiO_2 を使用すれば、平行平板20との接合が容易である。

【0031】

図4は接合装置の断面図を示し、回転治具23上には、回折光学素子チャック24が固定されており、チャック24の上面には直径が異なる大小2つの円環状突起25、26が上方に向けて突設され、突起25、26の間には排気口27が設けられている。そして、突起25は突起26よりと僅かに低く形成されている。また、治具23の側面には3点の当接部28を有する円筒状の平行平板ホルダ29が外接されており、当接部28に平行平板20を当接することにより、チャック24の中心とホルダ29に載置された平行平板20の中心とが一致するようになっている。そして、チャック24の上方には位置測定用のマークスコープ30が配置されている。

【0032】

回折格子が形成された石英ウエハから成る回折光学素子21をチャック24上に載置し、回折光学素子21上の位置測定用マークをマークスコープ30により観察して、回折光学素子21の中心とチャック24の中心とが一致するように調整する。排気口27から空気を排出して回折光学素子21が突起25、26間で吸着されると、回折光学素子21は凸状に極く僅かに変形する。なお、回折光学素子21の中心出しは、専用マークではなく格子パターンそのものを使用して行ってもよい。マークスコープ30は測定後に接合装置から接合に邪魔にならない場所に移動する。

【0033】

回折光学素子21の中心と平行平板20の中心の位置合わせが終了した後に、平行平板ホルダ29を下降すると、平行平板20が回折光学素子21の中心に先

ず接触する。次に、排気口 27 から排気して負圧を徐々に大気圧に戻すことによって回折光学素子 21 の変形が開放され、回折光学素子 21 は平行平板 20 に徐々に接触面を拡げてゆき、最終的に全面に渡って直接接合される。

【0034】

この直接接合方法はオプティカルコンタクトと呼ばれ、光学部材の表面に吸着した水などを介して、図 5 に示すように石英と水、水同士、蛍石と水などによる (a) 水素結合及び (b) ファンデルワールス力によって光学部材を直接接合する接着方法であり、接着剤などを介さずにガラスや石英などの光学部材同士を接着することができる。このとき、十分な接着強度を得るためには、平行平板 20 と回折光学素子 21 の接合部の表面粗さを平方二乗平均で 5 nm 以下とし、水分量を 10^{13} 分子/cm² 以上に制御することが好適である。

【0035】

通常、接合部表面には図 6 に示すように微細なレベルでの間隙 h が生じているが、 r を半径、 γ を表面エネルギー、 E を弾性率、 t を厚さとしたときに、次式を満たす範囲であれば、直接接合が可能であることが知られている。

$$h/r^2 < (\gamma/E/t^3)^{1/2} \quad \dots (1)$$

【0036】

式(1) は間隙 h が 1 箇所存在する場合であるが、直径 200 mm の基板全体では間隙は無数に存在する。式(1) から直接接合には間隙 h と表面エネルギー γ を考慮する必要があるが、AFM などにより測定した表面粗さと APIMS などによって測定した水分量が基準となることが分かる。従って、回折光学素子 21 において表面粗さを確保するためには、回折光学素子 21 を半導体プロセスで加工する以前に、研磨等によって基板の表面粗さを確保し、更に加工中及び加工後も表面粗さを十分に配慮する必要がある。

【0037】

また、表面エネルギー γ に関しては、通常の石英基板では水分量を 10^{13} 分子/cm² に確保することは可能なので、十分な表面エネルギー γ とすることができるが、基板が汚れていると表面エネルギー γ が不足する場合が生ずる。石英のような親水性材料の場合には、薬液や紫外線/オゾン洗浄などにより水分量を回復する

ことは可能であるが、疎水性材料では洗浄後に更に水を吹き付けたり、親水性の薬液で処理することによって水分量を確保するようにする。

【0038】

このような基板を準備して図4の接合装置により接合を行えば、基板間は水素結合とファンデルワールス力で接合される。このとき、基板間に残存する水分が多過ぎると逆に接合強度が弱くなるので、接合前の水分量を調整すると共に、接合後において常温で乾燥したり、また加熱を行って水分量を減少させることが好適である。吸着水の脱離は200～400℃程度で起こり、図7に示すような状態になるのが理想的であるが、実際には基板の間に間隙があるために、図8に示すように数分子程度の水が残存する。このとき、接合強度は10Kg/cm²程度となり、使用方法によっては強度が不足するので、有効径から外れた部分の外周などで接着剤などにより補強を行うことが好ましい。また、400～1000℃に加熱して脱水縮合反応を起こし、水素結合を共有結合に置き換えることにより接合強度を増大させてもよい。

【0039】

接合面での光学特性は、使用波長で反射率及び透過率の損失が0.1%以下になることが好適であり、塵埃等が残存したり、空気又は水等が多く存在した場合には、光学特性が維持できないこともあるので、接合強度だけでなく光学特性の点からも接合前の基板管理は重要となる。

【0040】

回折光学素子21と平行平板20に共に同一素材の石英を使用したか、接合する平行平板20にアルミナなどの酸化物や、弗化カルシウム、弗化リチウム、弗化バリウム、弗化マグネシウム、弗化ストロンチウムなどの弗化物を使用して、短波長用の光学部材とすることができる。また、長波長用の光学部材としては、接合する平行平板20にガラス材やプラスチック材などを使用するとよく、更に反射光学系の回折光学素子ではSiNやSiCなどのセラミック材や金属などを使用することも可能であるが、同一材料同士の方が例えばOH基の分布間隔などの水素を供給する表面状態が同じになるために接合は容易である。

【0041】

このようにして、剛性が2倍以上の強度を有する微細な格子ピッチの光学素子を精度良く作製することができ、外力に影響を受けることがなくなり、光学系に組込んで良好な光学性能で発揮することが可能となる。更に、水素結合又はファンデルワールス力による直接接合方式を使用することにより、短波長の光を用いた光学系に安定して使用可能となる。

【0042】

第1の実施例の変形例として、直径300mm、厚さ30mmの石英を材料とする平行平板20に、直径300mm（8インチ）、厚さ0.775mmの石英ウエハ上に回折格子を形成した回折光学素子21を、第1の実施例と同様の方法で直接接合し、保持部22に保持して光学系に組み込む。この光学素子は厚さ30.775mmを有する回折光学素子と同等の光学性能を示し、かつ剛性は約1577倍となる。

【0043】

また、図9に示すように平行平板20上に回折格子面を上向きにして回折光学素子21を直接接合してもよく、図10に示すように2つの回折光学素子21の回折格子形成面と反対側の面同士を接合してもよい。更に、図11、図12に示すように平行平板20の周辺部を残し、中央部付近で回折光学素子21を直接接合し、周辺部を保持部22で保持するようにしてもよい。

【0044】

また、他の接合方法としては図13に示すように円周部を接着剤で固定する方法が挙げられる。即ち、平行平板20と回折光学素子21の円周側面を接着剤31により接着する。図14は図13の接着部を拡大して表したものである。また、図15は回折光学素子21の回折格子形成面と反対側の平面を平行平板20と接着したものである。

【0045】

このように、十分な厚さを有する平行平板20と接合して強度を確保した回折光学素子21は、裏面を研磨することが容易となる。即ち、図16に示すように、ワークチャック32に保持してラップ盤33により研磨加工すると、薄いウエハの状態では加工圧を一定にするには高度な技術を要するが、平行平板20と回

折光学素子 21 を接合して剛性を確保することにより、従来の技術によっても裏面の加工処理などを行うことが可能となる。また、格子形成面同士を接合した光学素子は凹凸パターンを塵埃等の付着から保護することができ、更に接合した後は両面共に平坦面となるので洗浄が容易になり、温度変化に対して不要な応力が発生するのを抑えることができる。

【0046】

図 17 は第 2 の実施例の断面図を示し、直径 200 mm、厚さ 0.725 mm の石英を材料とする平行平板 32 と、直径 200 mm (8 インチ)、厚さ 0.725 mm の石英ウエハから成る回折光学素子 33 とを、第 1 の実施例と同様の方法で直接接合し、保持部 22 に保持して光学系に組み込む。これによって、厚さが 1.45 mm の回折光学素子と同等の光学性能を示し、かつ約 4 倍の剛性を確保することができる。

【0047】

図 18 は第 3 の実施例の断面図を示し、直径 180 mm、厚さ 5 ~ 20 mm の石英を材料とする平行平板 34 と、直径 150 mm (6 インチ)、厚さ 0.625 mm の石英ウエハから成る回折光学素子 35 とを、保持部 22 に保持して光学系に組み込む。このように、回折光学素子 35 の下方重力方向に平行平板 34 を配置する場合は、接合されていてもまた接合されていなくともよい。また、外径は 180 mm 程度が好適であるが、実際に光が透過する範囲は直径 150 mm 以内なので、規格寸法である 150 mm の石英ウエハを使用して半導体プロセスにより加工を行ってもよく、この場合は微細パターンの形成後に外径加工を行う必要がないので、切削加工等による塵埃等の付着を回避することができる。

【0048】

図 19 は第 4 の実施例の断面図を示し、直径 170 mm、厚さ 30 mm の螢石 (CaF_2) を材料とする平行平板 36 と、直径 150 mm (6 インチ)、厚さ 0.625 mm の石英ウエハから成る回折光学素子 37 とを、第 1 の実施例と同様に直接接合し、保持部 22 で保持して光学系に組み込む。第 3 の実施例と同様に、回折光学素子 37 の下方重力方向に平行平板 36 を配置した場合には、接合されていても接合されていなくともよく、また逆に重力方向下方に回折光学素

子 37 を直接接合してもよい。更に、接合面は凹凸パターンの形成面でも非形成面でもよく、直接接合を行う場合には図 4 の装置を使用して図 5 の水素結合及びファンデルワールス力で接合する。螢石は石英に比べて極性が高いので、イオン結合を含む場合もあり、また短波長側での透過率が高いので、より厚い部材を使用することが可能である。

【0049】

また、図 20 ～図 22 に示すように接合面に 1 層～多層の反射防止膜 38 を設けてもよい。図 20 は螢石の平行平板 36 に反射防止膜 38 を形成し、この反射防止膜 38 は最上層にアルミナ、 SiO_2 などの酸化物を使用すれば、石英から成る回折光学素子 37 と水素を供給する表面の状態が、例えば OH 基の分布間隔よりも近くなるので接合が容易である。

【0050】

また、図 21 は石英から成る回折光学素子 37 に反射防止膜 38 を形成しており、この反射防止膜 38 は最上層に弗化物、例えば弗化カルシウム、弗化リチウム、弗化バリウム、弗化マグネシウム、弗化ストロンチウムなどを使用すれば、螢石から成る平行平板 36 と水素を供給する表面の状態が、例えば OH 基の分布間隔よりも近くなるので接合が容易である。

【0051】

更に、図 22 は石英から成る回折光学素子 37 と螢石から成る平行平板 36 の双方に、反射防止膜 38 を形成しており、反射防止膜 38 は最上層に同じ材料又は同じ系統の材料、即ち酸化物同士又は弗化物同士を使用すれば、例えば OH 基の分布間隔など水素を供給する表面の状態が同じになるので接合が容易である。

【0052】

図 23 は第 5 の実施例の断面図を示し、直径 220 mm、厚さ 20 mm の螢石を材料とする平行平板 39 と、直径 200 mm (8 インチ)、厚さ 0.725 mm の螢石ウエハから成る回折光学素子 40 とを第 1 の実施例と同様に直接接合し、保持部 22 により保持して光学系に組み込む。この場合も、下方の重力方向に回折光学素子 40 があってもよく、直接接合を行う場合には、図 4 の接合装置を用いて水素結合及びファンデルワールス力により接合する。螢石は石英に比べて

極性が高いので、イオン結合の割合が多くなり、また短波長側での透過率が高いので、より厚い部材及びより短い波長を使用することが可能となる。 F_2 レーザー光 (157 nm) などの 170 nm 以下の短波長光の場合は、螢石や弗化マグネシウムのような弗化物を使用した方が透過率などの点でより有利である。

【0053】

図 24～図 27 は第 6 の実施例の断面図を示し、直径 200 mm (8 インチ)、厚さ 0.725 mm の石英又は螢石ウエハ上に回折格子を形成した回折光学素子 41 を使用し、接合部材には平凸レンズ、平凹レンズ、平面-非球面レンズ、プリズム、ミラー等を使用する。

【0054】

図 24 は直径 220 mm の螢石を材料とする平凸レンズ 42 の接合し、図 25 は直径 200 mm の石英を材料とする平凹レンズ 43 と接合し、図 26 は直径 200 mm の螢石を材料とする平非球面レンズ 44 と接合している。また、図 27 は厚さ 0.725 mm の石英から成る 150×200 mm の角基板から成る回折光学素子 45 と、石英から成る 150×200 mm のシリンドリカルレンズ 46 とを接合している。

【0055】

これらの図 24～図 27 においても、第 3 の実施例と同様に直接接合を行ってもよいし接合しなくてもよい。このように、光学特性を有する別部材と接合することにより、十分な剛性を確保すると共に、光学系全体の硝材中の光路長の増加を抑制したり削減することができる。

【0056】

図 28 は第 7 の実施例の断面図を示し、反射型の光学系に使用する場合である。直径 220 mm、厚さ 30 mm の SiC から成る平行平板 47 と、直径 200 mm (8 インチ)、厚さ 0.725 mm の石英ウエハから成る回折光学素子 48 とを、第 1 の実施例と同様に直接接合して、反射光学系の保持部材 49 に保持する。この平行平板 48 には光学的特性は要求されないもので、熱膨張係数が比較的小さく、剛性が高くかつ熱伝導率の良い SiC を使用するが、他のセラミックス材や金属を使用してもよい。反射型の回折光学素子 48 においても、剛性が 2 倍

以上の強度を有する微細な格子ピッチの光学素子を精度良く作製することができ、外力による影響を受けることなく、光学系に組み込み使用することができる。

【0057】

図29～図32は第8の実施例の断面図を示し、直径200mm（8インチ）、厚さ0.725mmの石英又は螢石ウエハ上に回折格子を形成した回折光学素子51を使用する。図29の場合には、直径200mm、厚さ10mmの石英から成る2枚の平行平板52を回折光学素子51の両面に接合する。これによって、凹凸パターンへの塵埃などの付着を防止し、洗浄が容易になる。図30の場合には、直径200mm、厚さ10mmの石英から成る平行平板52と、直径225mmの螢石を材料とする平凸レンズ53とを、回折光学素子51の両面に接合する。

【0058】

図31の場合には、直径200mmの螢石を材料とする2枚の平凸レンズ53を、回折光学素子51の両面に接合する。図32の場合には、石英又は螢石を材料とする平凸レンズ53と、直径200mmの石英を材料とする平凹レンズ54を、回折光学素子51の両面に接合する。なお、図29～図32においても、第4の実施例と同様に直接接合しても接合しなくてもよい。

【0059】

このように、回折光学素子51の両面に部材を接合することにより、凹凸パターンへの塵埃などの付着を防止し洗浄が容易になる。また、接合する部材も光学特性を有することにより、十分な剛性を確保すると共に、光学系全体の硝材中の光路長の増加を抑制したり削減することができる。

【0060】

図33は半導体露光装置の光学系の部分拡大図を示し、鏡筒55に保持された光学系内に補強した回折光学素子56が使用されている。本実施例の回折光学素子56は図40の従来例で説明した回折光学素子3に比べて剛性が2倍以上になっているので、自重変形、鏡筒55の加工精度による接触部位の不均一、固定時に加わる力等による取付時の歪み、気圧や温度変動による変形が減少又はなくなる。従って、面変形を回避して収差を小さくすることができるので、光学性能が

向上し設計時の性能を十分に発揮することができる。

【0061】

また、屈折光学素子のみを使用した光学系と比較して、レンズの枚数を少なくすることができるので、硝材による光吸収が低減され、吸収熱によるレンズの変形や屈折率変化を抑制することが可能となる。また、色収差の補正が容易になるので、レーザー光の波長帯域を広げてレーザー光のパワーを有効に利用することができる。更に、半導体露光装置を設置する環境が変化した場合でも、焦点位置のずれ発生を最小限に止めることができるので、高精度なパターン転写を良好に行うことができる。

【0062】

図34はICやLSI等の半導体チップ又は液晶パネルやCCD等の半導体デバイスの製造フローチャート図を示す。ステップ1の回路設計工程では、半導体デバイスの回路設計を行う。ステップ2のマスク製作工程では、設計した回路パターンが形成されたX線マスクを製作する。ステップ3のウエハ製造工程では、シリコン等の材料を用いてウエハを製造する。ステップ4のウエハプロセス工程は前工程と呼ばれ、用意した半導体露光装置によりウエハ上に実際の回路を形成する。

【0063】

次に、ステップ5の組立工程は後工程と呼ばれ、ステップ4によって製作されたウエハを用いて半導体チップ化する工程で、ダイシングやボンディングのアッセンブリ工程、及びチップ封入のパッケージング工程等を含んでいる。ステップ6の検査工程では、ステップ5で製作した半導体デバイスの動作確認テスト、及び耐久性テスト等の検査を行う。以上の工程を経て、半導体デバイスが完成し、ステップ7の出荷工程に送られる。

【0064】

図35はウエハプロセス工程のフローチャート図を示し、先ずステップ11の酸化工程では、ウエハの表面を酸化する。ステップ12のCVD工程では、ウエハ表面に絶縁膜を形成する。ステップ13の電極形成工程では、ウエハ上に電極を蒸着により形成する。ステップ14のイオン打ち込み工程では、ウエハにイオ

ンを打ち込む。ステップ15のレジスト処理工程では、ウエハにレジストを塗布する。

【0065】

ステップ16の露光工程では、用意した半導体露光装置によりマスクの回路パターンをウエハに焼付け露光する。ウエハをローディングしてウエハをマスクと対向させ、アライメントユニットで両者のずれを検出して、ウエハステージを駆動して両者の位置合わせを行う。両者の位置が一致すると露光を行い、露光終了後にウエハは次のショットヘステップ移動し、アライメント以下の動作を繰り返す。

【0066】

ステップ17の現像工程では、露光したウエハを現像する。ステップ18のエッチング工程では、現像したレジスト以外の部分を削り取る。これらのステップを繰り返し行うことによって、ウエハ上には多重に回路パターンが形成される。

【0067】

上述の実施例で説明した回折光学素子は、他の部材と一体的に接合して剛性を向上させることにより、微細なピッチ構造にも拘らず精度良く加工することができ、自重変形や、鏡筒の加工精度による接触部位の不均一、固定時に加わる力等による取付け時の歪み、気圧や温度変動による変形を防止し、面変形を発生させることなく光学系に組込み、短波長光用の光学系にも安定して使用することが可能となる。

【0068】

また、光学部材の枚数を削減することができるので、硝材による光吸収が低減され、吸収熱による変形や屈折率変化を抑制することが可能となる。

【0069】

更に、色収差の補正が容易になるために、レーザー光の波長帯域を広げてレーザー光のパワーを有効に利用することができ、加えて半導体露光装置を設置する環境が変化した場合でも、焦点位置のずれ発生を最小限に留めて収差を小さくすることができるので、設計時の性能を十分に発揮して像性能が向上する。これによって、従来は製造が難しかった高集積度を有する半導体デバイスの量産に対応

することができる。

【0070】

【発明の効果】

以上説明した本発明に係る回折光学素子は、他の部材と接合することにより変形が少なく光学性能を安定化させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

第1の実施例の断面図である。

【図2】

接合部の部分拡大断面図である。

【図3】

接合部の部分拡大断面図である。

【図4】

接合装置の断面図である。

【図5】

反応過程の説明図である。

【図6】

微細構造の説明図である。

【図7】

反応過程の説明図である。

【図8】

反応過程の説明図である。

【図9】

接合方向の断面図である。

【図10】

接合方向の断面図である。

【図11】

接合位置の断面図である。

【図12】

接合位置の断面図である。

【図 13】

接着剤による接合の断面図である。

【図 14】

部分拡大断面図である。

【図 15】

部分拡大断面図である。

【図 16】

裏面加工の側面図である。

【図 17】

第 2 の実施例の断面図である。

【図 18】

第 3 の実施例の断面図である。

【図 19】

第 4 の実施例の断面図である。

【図 20】

変形例の断面図である。

【図 21】

変形例の断面図である。

【図 22】

変形例の断面図である。

【図 23】

第 5 の実施例の断面図である。

【図 24】

第 6 の実施例の断面図である。

【図 25】

変形例の断面図である。

【図 26】

変形例の断面図である。

【図 27】

変形例の断面図である。

【図 28】

第 7 の実施例の断面図である。

【図 29】

第 8 の実施例の断面図である。

【図 30】

変形例の断面図である。

【図 31】

変形例の断面図である。

【図 32】

変形例の断面図である。

【図 33】

露光装置の光学系の構成図である。

【図 34】

半導体デバイスの製造のフローチャート図である。

【図 35】

ウエハプロセスのフローチャート図である。

【図 36】

従来のフレネルレンズの断面図である。

【図 37】

バイナリオプティクス断面図である。

【図 38】

回折光学素子の斜視図である。

【図 39】

半導体露光装置の構成図である。

【図 40】

光学系の構成図である。

【符号の説明】

20、32、34、36、39、47、52 平行平板

21、33、35、37、40、41、45、48、51、56 回折光学素

子

22 保持部

23 回転治具

24 回折光学素子チャック

25、26 突起

27 排気口

29 平行平板ホルダ

30 マークスコープ

38 反射防止膜

42、53、 平凸レンズ

43、54 平凹レンズ

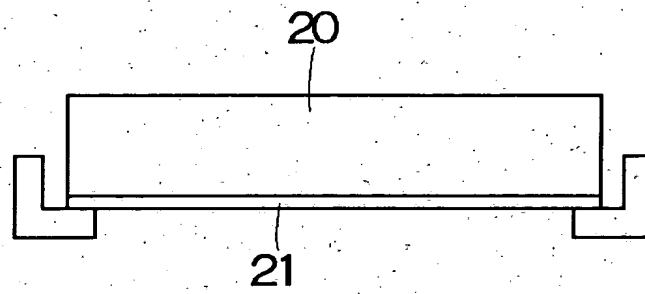
44 平非球面レンズ

46 シリンドリカルレンズ

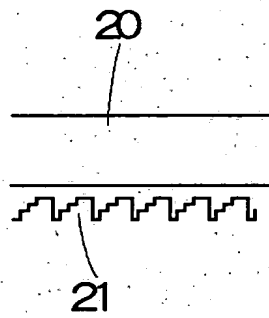
49 保持部材

【書類名】 図面

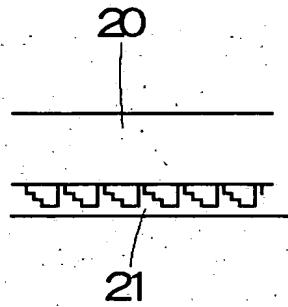
【図 1】



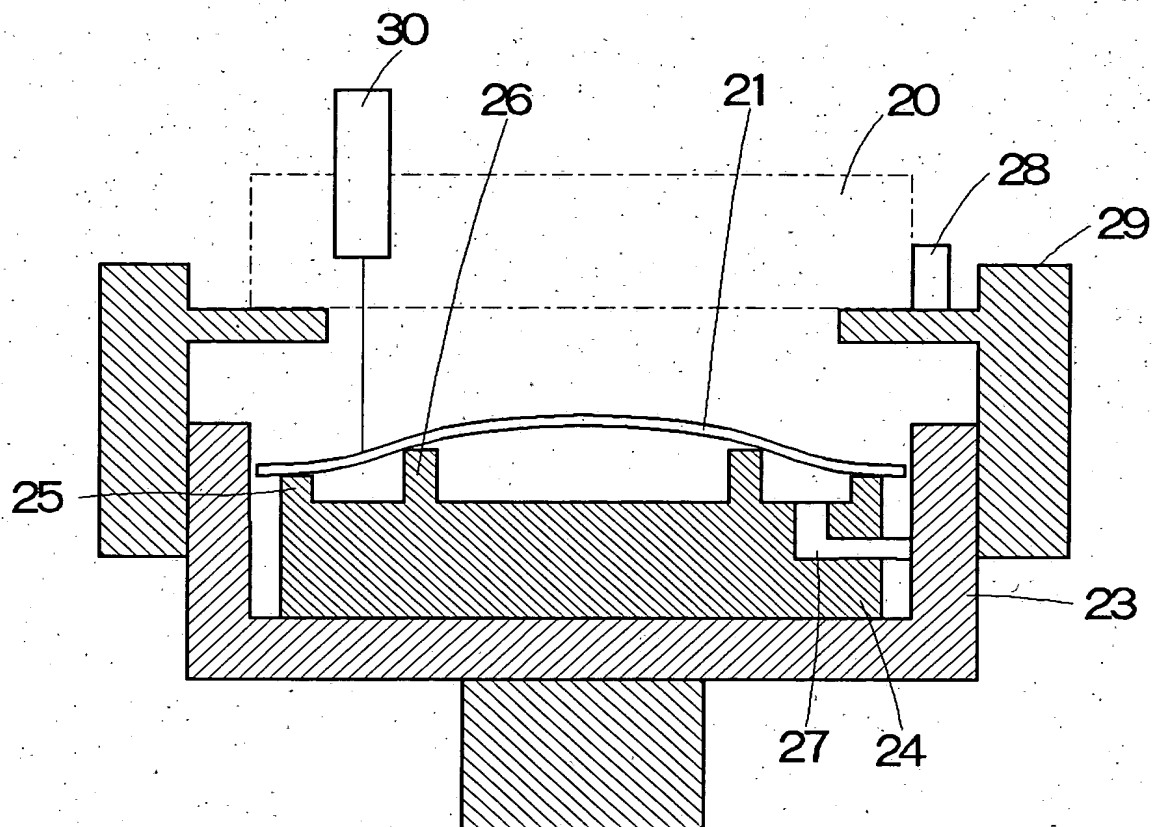
【図 2】



【図3】



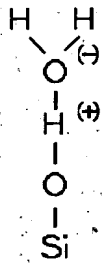
【図4】



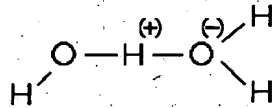
【図 5】

(a) 水素結合

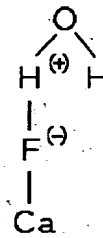
石英と水



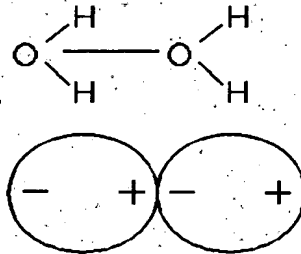
水同士



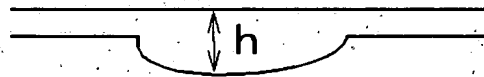
蛍石と水



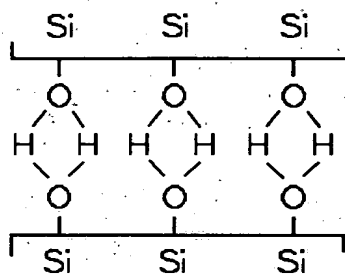
(b) ファンデルワールス力



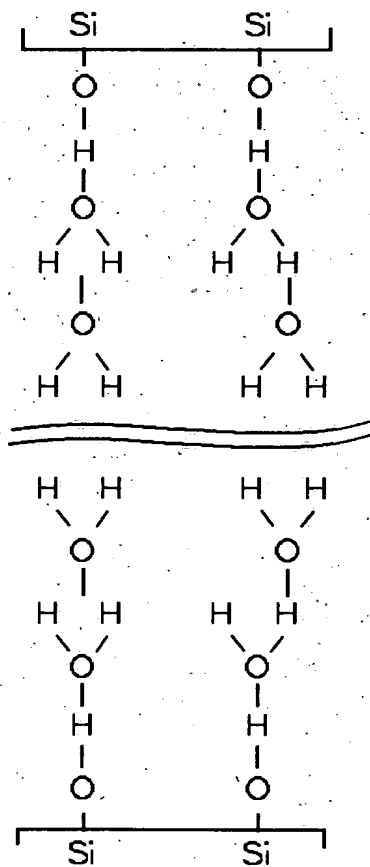
【図 6】



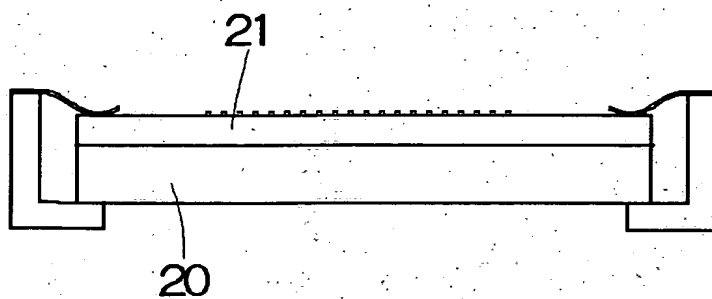
【図 7】



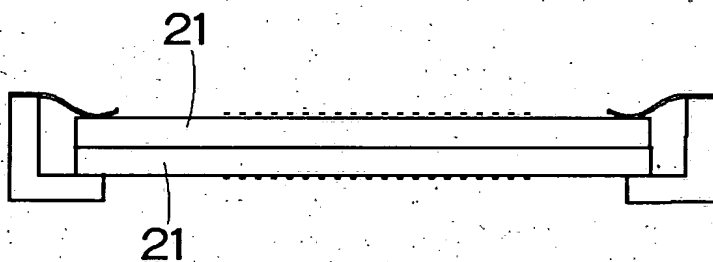
【図 8】



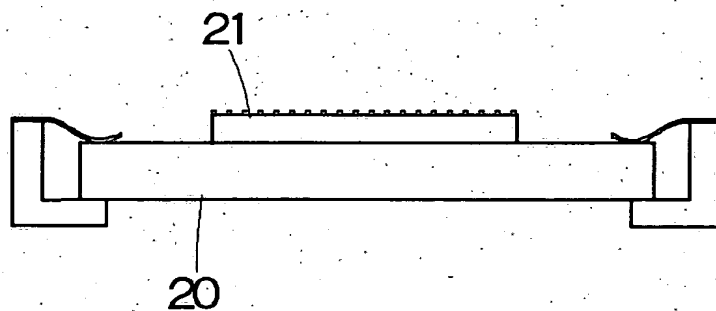
【図 9】



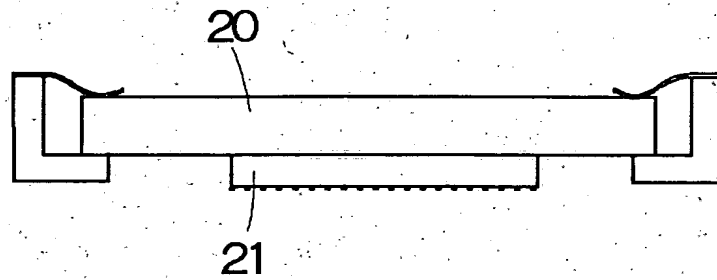
【図 10】



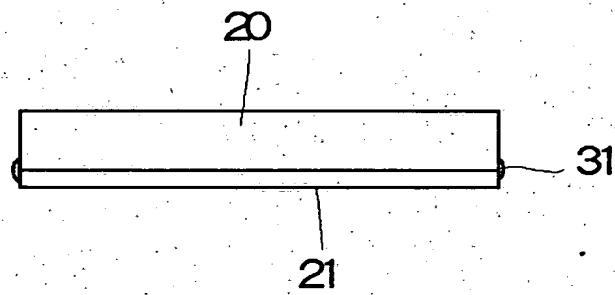
【図 11】



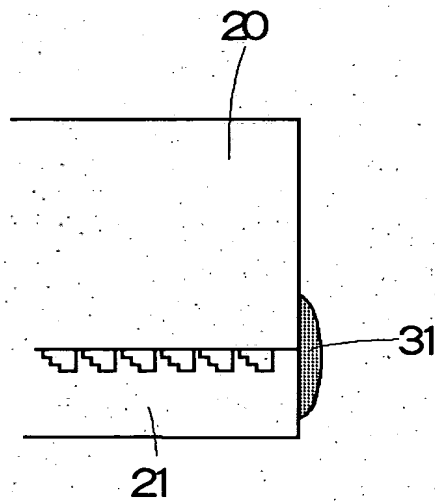
【図 1.2】



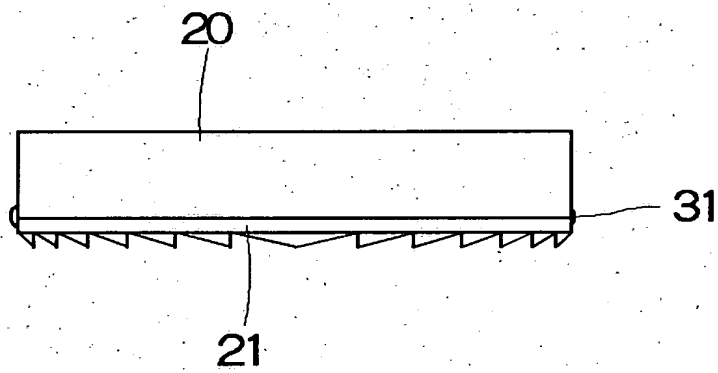
【図 1.3】



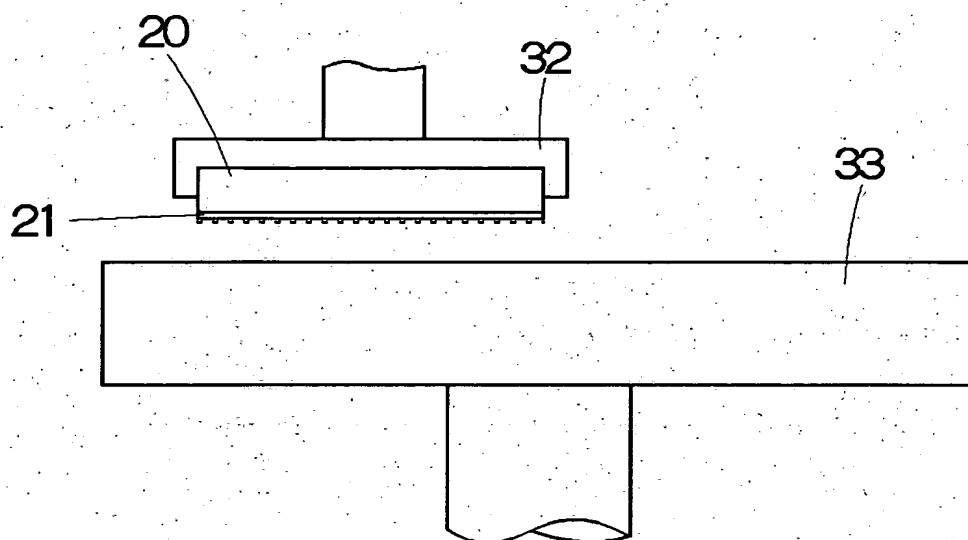
【図 14】



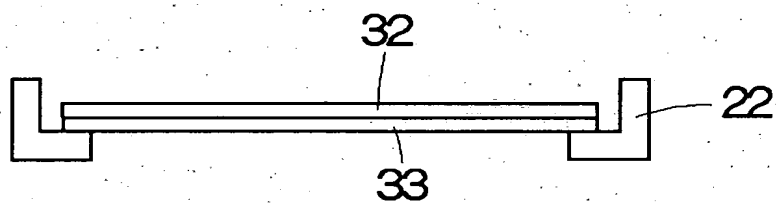
【図 15】



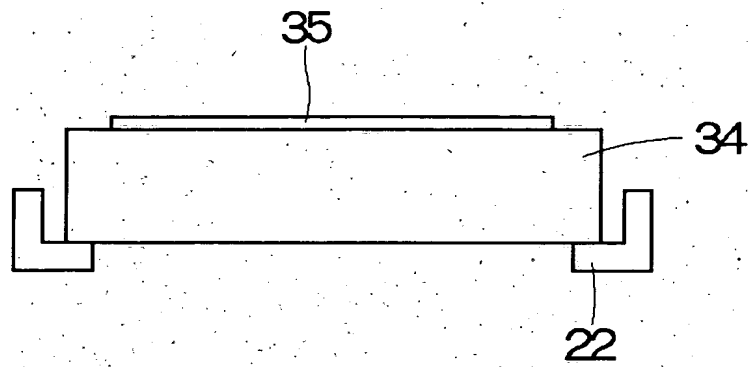
【図 16】



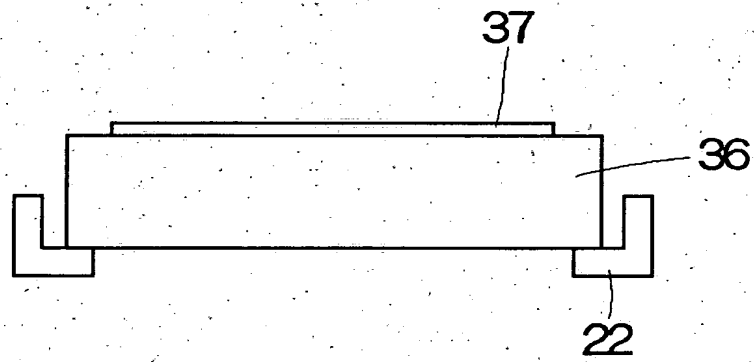
【図 17】



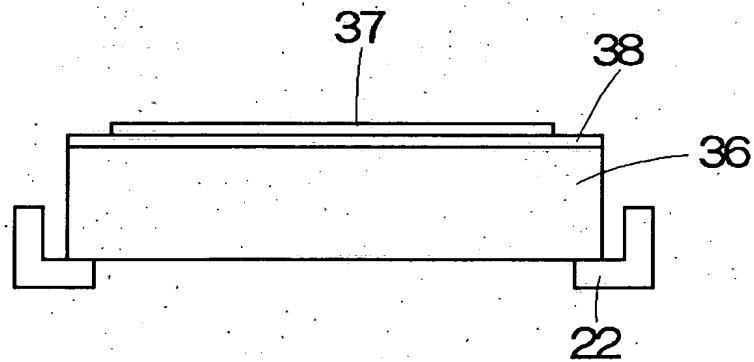
【図 18】



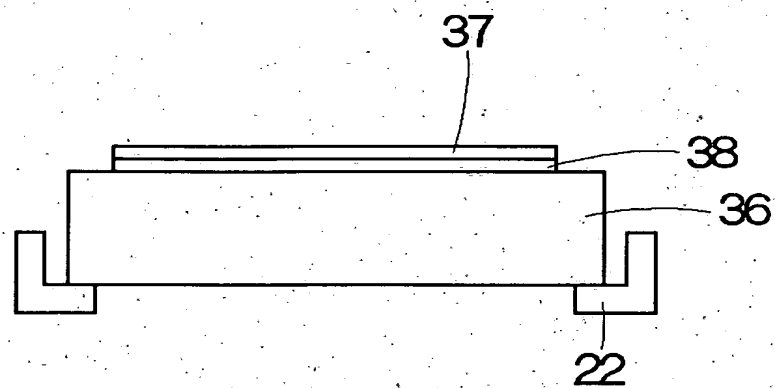
【図 19】



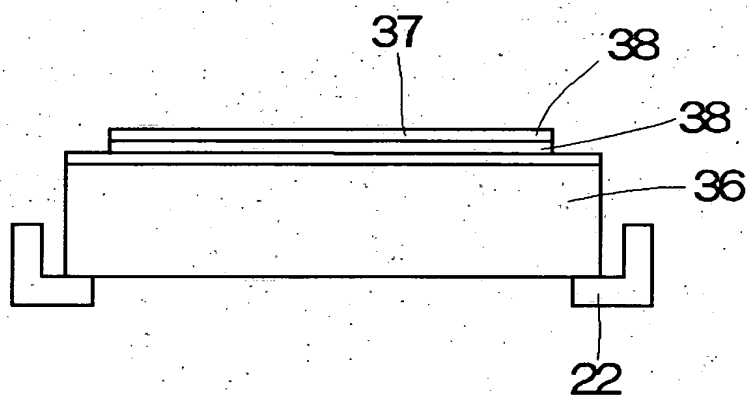
【図 20】



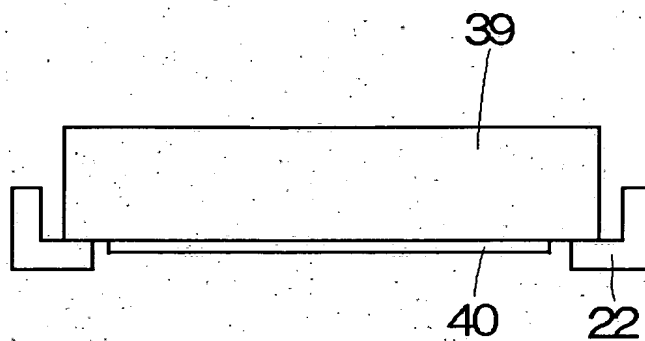
【図 2 1】



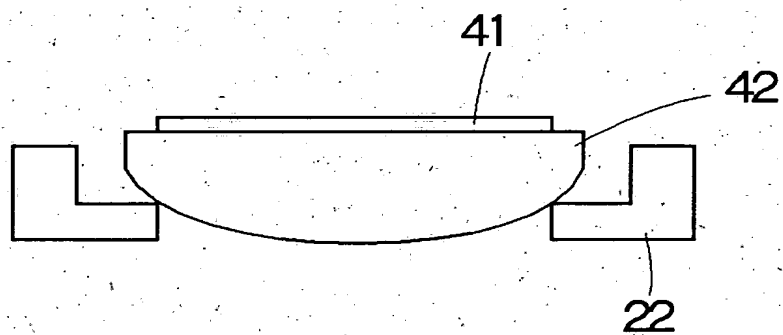
【図 2 2】



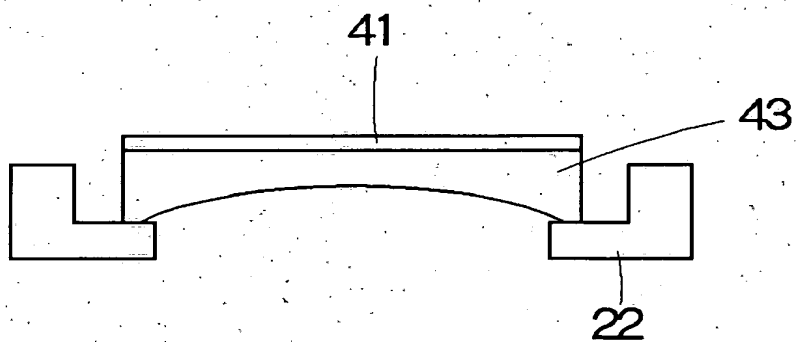
【図 23】



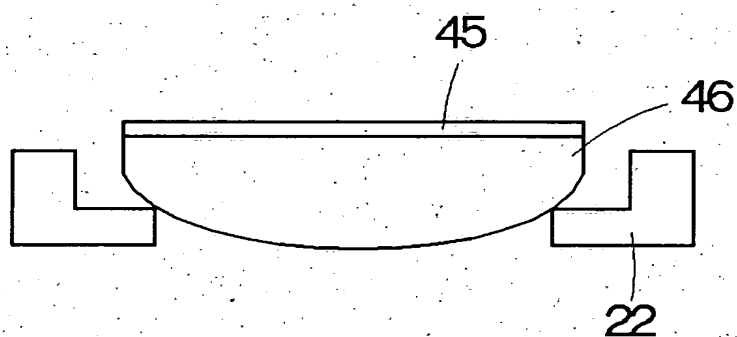
【図 24】



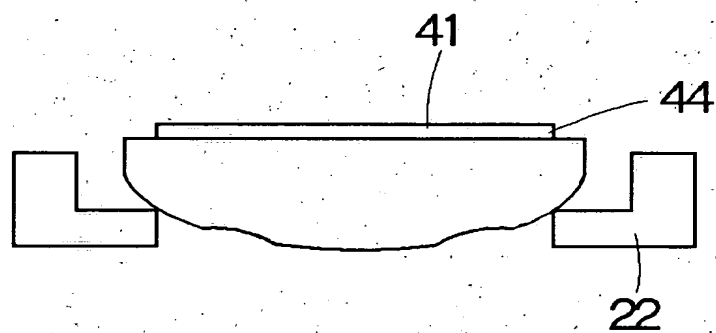
【図 25】



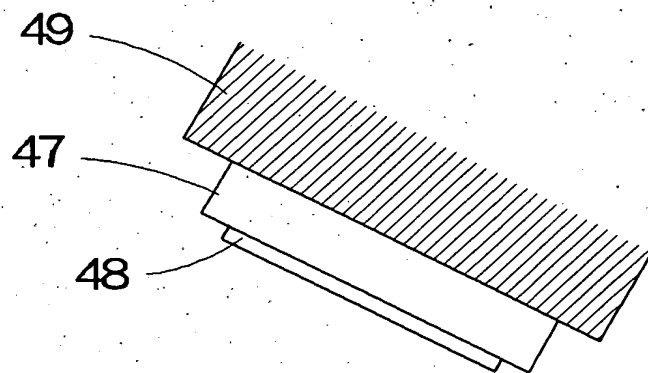
【図 26】



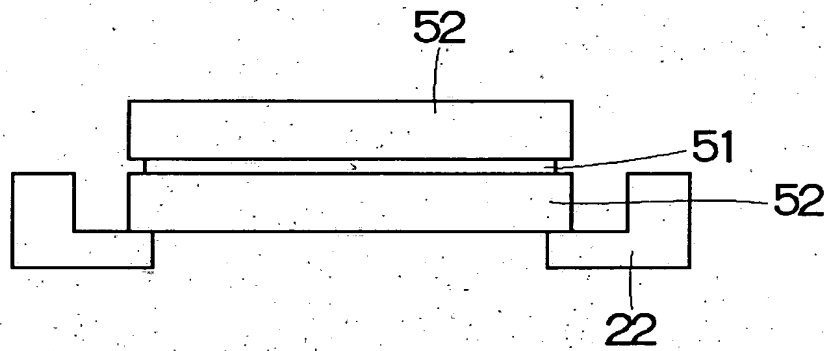
【図 27】



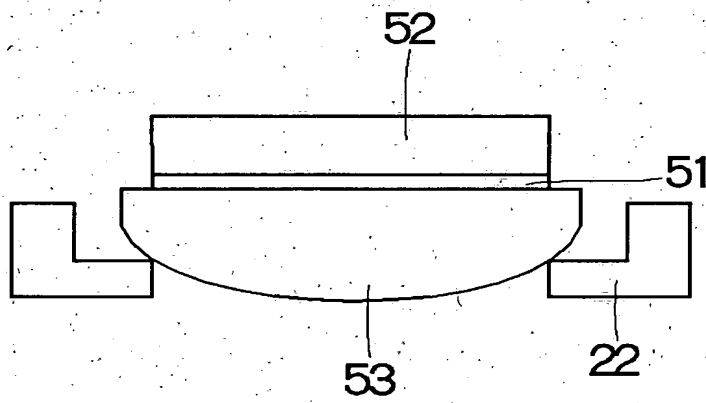
【図 28】



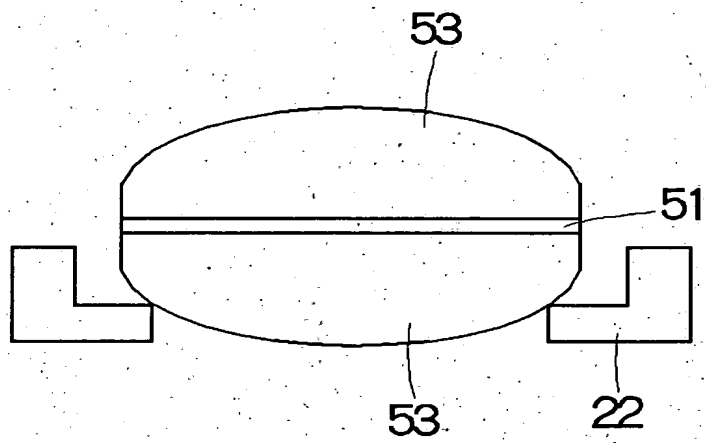
【図 29】



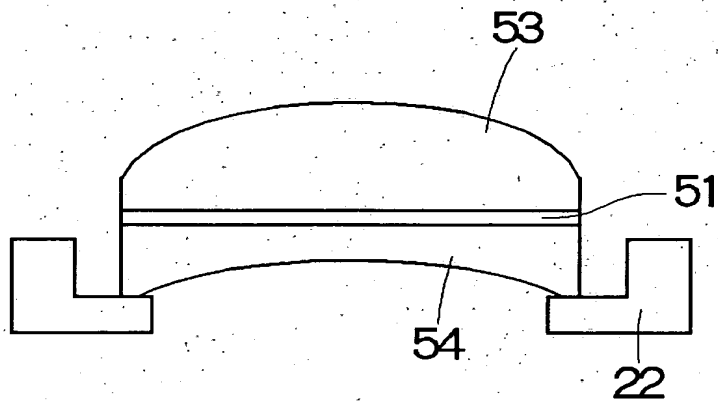
【図 30】



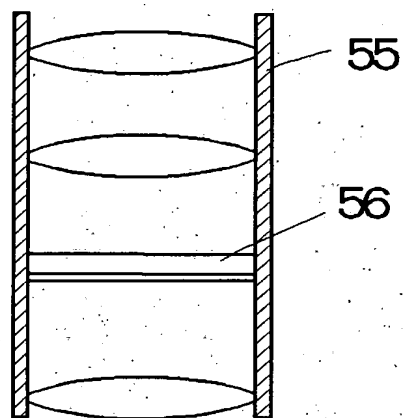
【図 3 1】



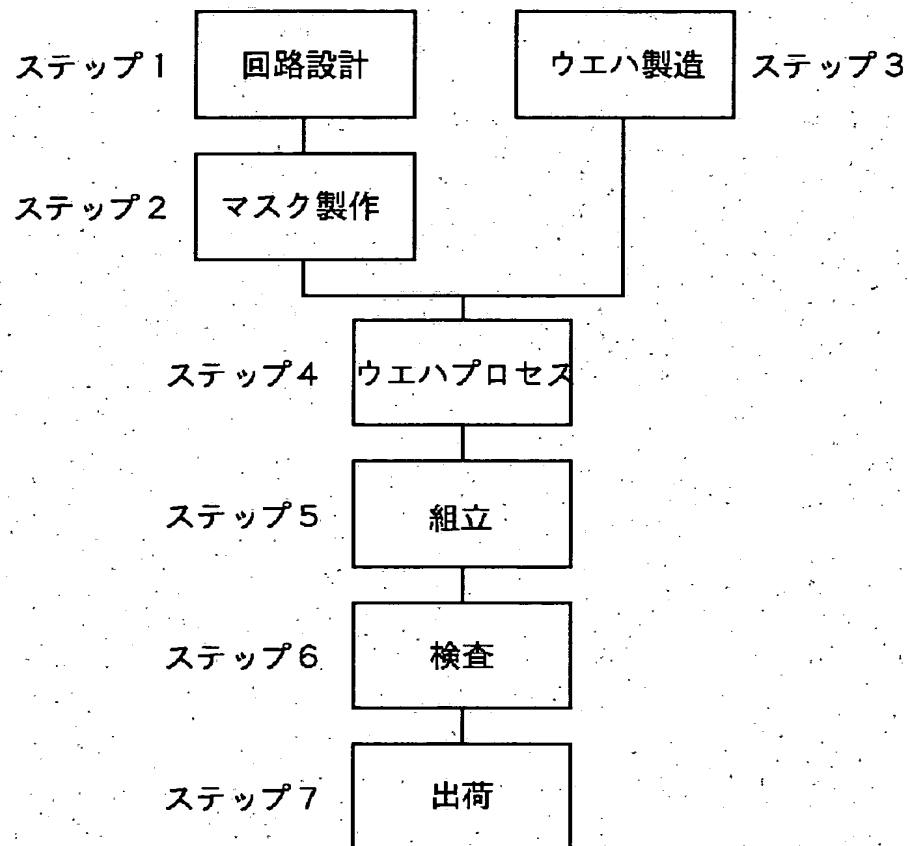
【図 3 2】



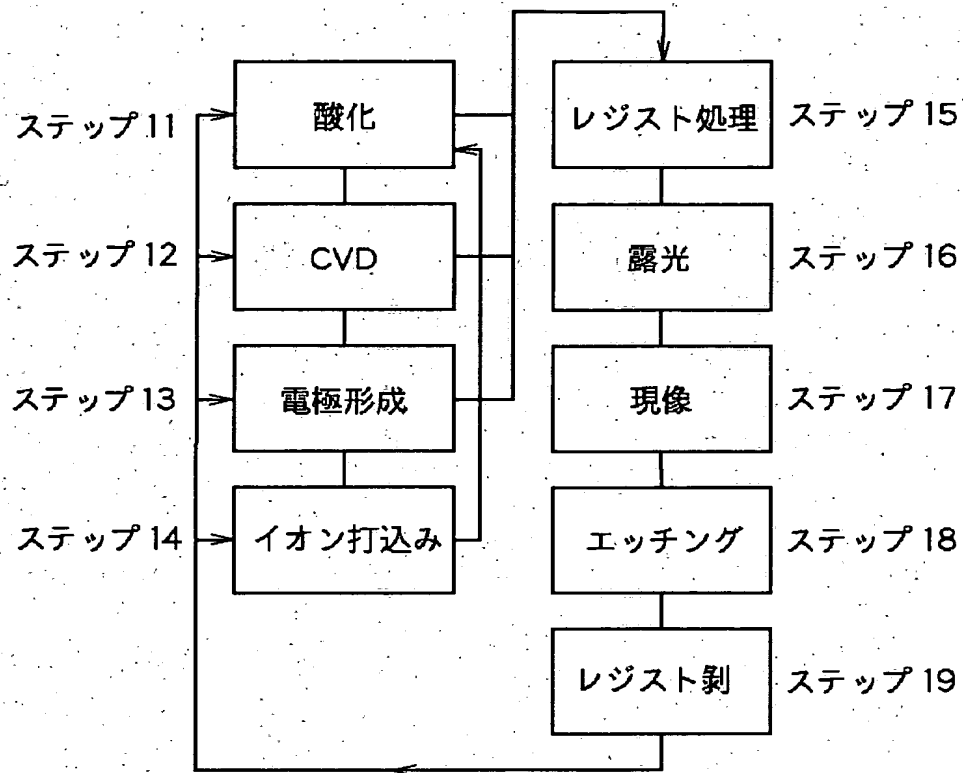
【図 3 3】



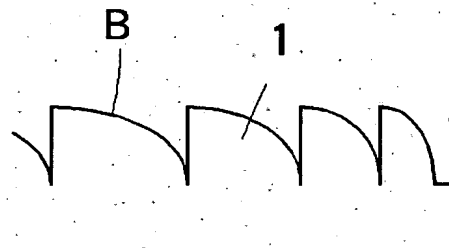
【図 34】



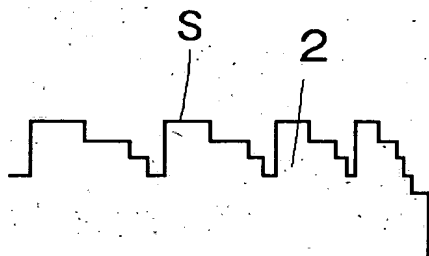
【図 3 5】



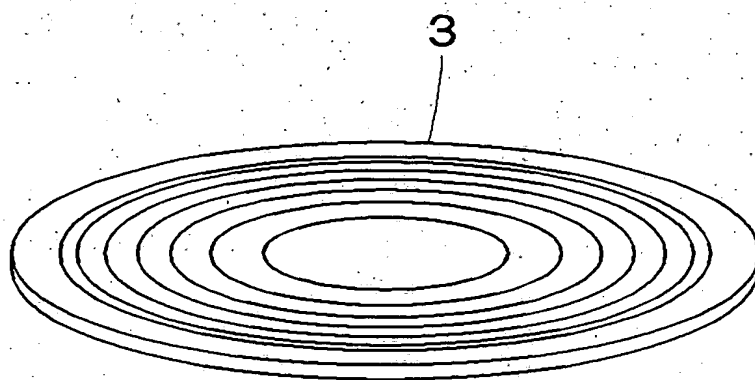
【図 3 6】



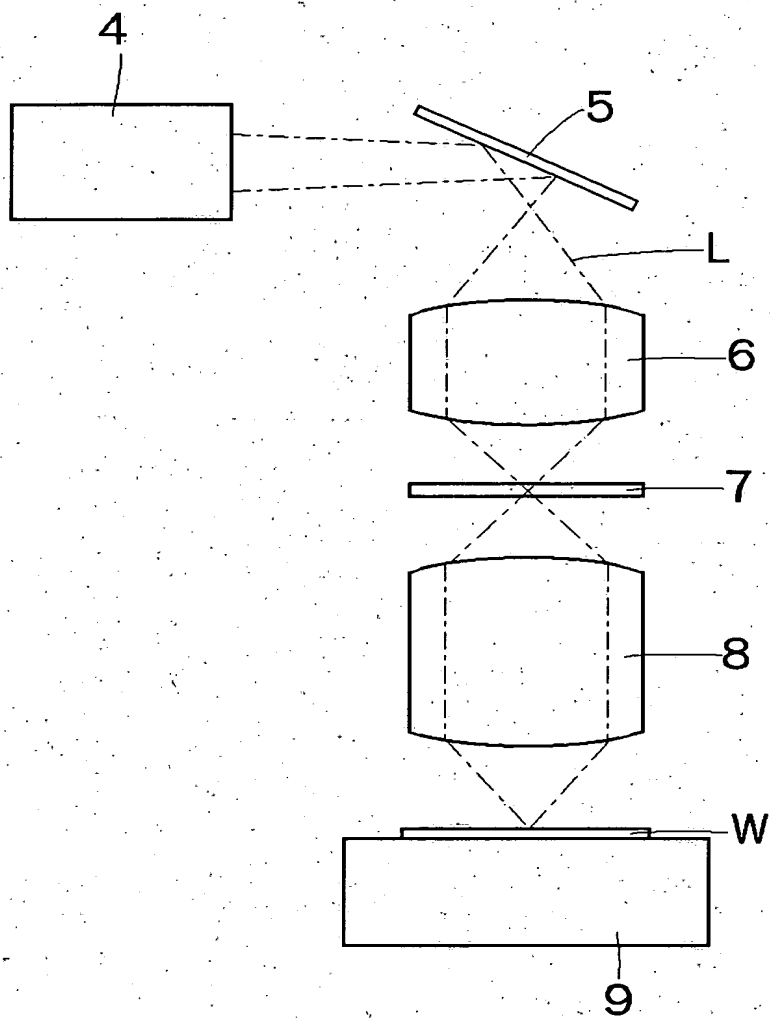
【図 3 7】



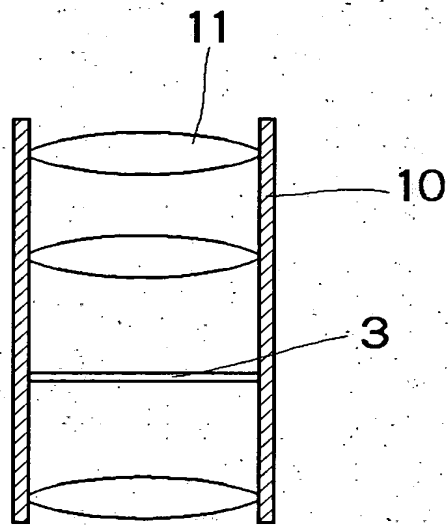
【図 3 8】



【図 39】



【図 4 0】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 別部材と接合して自重、保持、気圧等の外力による変形を防止する。

【解決手段】 直径200mm、厚さ20mmの石英を材料とする平行平板20に、直径200mm（8インチ）、厚さ0.725mmの石英ウエハ上に回折格子を形成した回折光学素子21を、オプティカルコンタクトにより直接接合する。この接合された光学素子は、厚さが20.725mmの基板に回折格子を形成した回折光学素子と同等の光学性能を示し、かつ約817倍の十分な剛性が確保される。

【選択図】 図1

【書類名】

職権訂正データ

【訂正書類】

特許願

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】

000001007

【住所又は居所】

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

【氏名又は名称】

キヤノン株式会社

【代理人】

申請人

【識別番号】

100075948

【住所又は居所】

東京都足立区梅島3-3-24 ステーションプラ

ザ318 日比谷特許事務所

【氏名又は名称】

日比谷 征彦

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000001007]

1. 変更年月日 1990年 8月30日
[変更理由] 新規登録
住 所 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
氏 名 キヤノン株式会社